

# 径直向上 ——半导体散热的优选方案

安森美 供稿

由于车辆尺寸相对较大，所以人们可能会忽略车辆中可用于部署技术方案的空间通常非常狭小，这主要是因为大部分可用空间都留给了座舱，电子系统则塞在剩余空间里。

这样做固然有其合理性，但也确实给散热带来挑战——尤其是当车内的许多部件处于高功率运作的时候。因此，汽车行业不断寻求改善散热的方法，让汽车制造商和车主都能从中受益。

在本文中，安森美 (onsemi) 将介绍半导体封装层面的创新如何在改善现代汽车应用中的热管理方面取得巨大进展。

随着车辆转向电力驱动，以前的许多机械或液压系统被电驱动取代，现今车辆上的大功率转换量显著升高。为了提高这些新型电气系统的整体效率，尤其是为了增加车辆的行驶里程，业界投入了巨大努力和大量预算。

对系统设计人员来说，更高的效率还有一个好处，那就是产生的废热显著减少。从热管理的角度来看，这意味着可以减少散热器或完全无需散热器，从

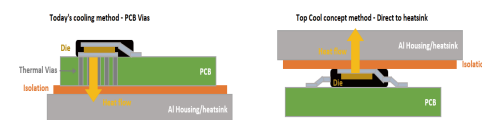
而削减方案的尺寸、重量和成本。

事实上，任何电源工程师都知道，消除热量的最好办法是一开始就不产生热。其次是确保任何浪费的能量都尽可能通过直接的路径释放到环境中。

虽然碳化硅 (SiC) 之类的宽禁带技术已经在效率提升方面取得了巨大的飞跃，但没有（可能永远不会有）一种功率器件不会引起一些能量损耗。

## 半导体的常规散热方法

在功率应用中，金属氧化物半导体场效应晶体管 (MOSFET) 往往是表面贴装器件 (SMD)，如 SO8FL、u8FL 和 LFPAK 封装类型。SMD 成为首选技术的原因在于：它具备良好的功率能力，能够方便地自动放置和焊接，并且支持实现紧凑的方案。然而，SMD 器件的散热并不理想，因为其热传播路径通常要通过印刷电路板 (PCB)。



图注：常规散热方法，热量需要通过 PCB 传输到散热器

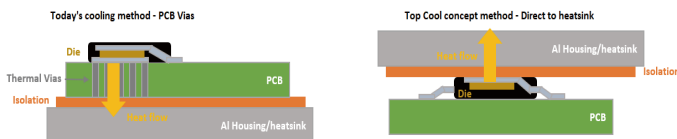
在常规元件中，引线框架（包括裸露漏极焊盘）直接焊接到 PCB 上的覆铜区，从而提供从芯片到 PCB 的电连接和热路径。这是与 PCB 的唯一直接电热连接，因为器件的其余部分被封闭在模塑中，仅通过对流散热到周围空气中。

采用这种方法时，器件的热传递效率严重依赖于 PCB 的特性，如覆铜的面积大小、层数、厚度和布局。无论电路板是否连接到散热器，都是如此。由于热路径受限，并且 PCB 的低热导率妨碍散热，因此器件的最大功率能力受到限制。

### 顶部散热 (Top Cool) 概念

为了解决这个问题，安森美开发了一种新的 MOSFET 封装，让引线框架（漏极）在封装的顶部暴露出来。这种方法对应用布局 / 空间和热传递都有好处。

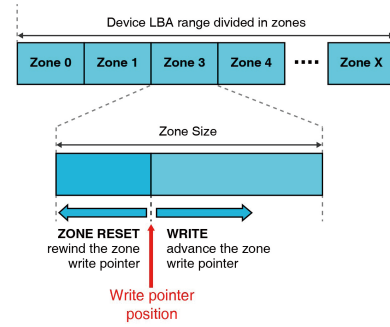
采用传统方法对功率 MOSFET 进行散热，虽然能实现相当紧凑小巧的方案，但出于散热考虑，PCB 的下侧不能放置其他元器件。这种方法一般需要较大的 PCB 来容纳所有必要的元件。



图注：顶部散热器将散热器置于上方以改善布局和热性能

顶部散热器的热路径向上，因此散热器被放置在 MOSFET 上方，允许在下侧布置功率器件、栅极驱动器和其他元件，从而可以使用较小的 PCB。这种更紧凑的布局还使得栅极驱动走线可以更短，这对于高频工作是个优势。

此外，由于不再要求热量通过



图注：分区存储概念

PCB，因此 PCB 本身将保持较低温度水平，MOSFET 周围的元件将在较低温度下工作，这有利于提高其可靠性。

顶部散热器件除了布局优势外，还具有明显的散热优势，因为这种封装允许热量直接耗散到器件的引线框架。铝具有高热导率（通常在 100-210W/mk 之间），因此最常用的散热器是铝制的。与通过 PCB 的常规散热相比，铝或类似金属大大降低了热阻，从而提供更好的热响应。

除了提高热导率外，散热器还提供更大的热质量，这有助于避免饱和，提供更大的热时间常数，因为顶部安装的散热器可根据应用需求来确定适当的尺寸。

顶部散热封装拥有直接通过高热质量散热器进行散热的优势，因此其热响应（以每瓦温升来衡量）会更好。在结温升幅一定的情况下，更好的热响应将支持更高功率运行。

最终，对于相同的 MOSFET 芯片，采用顶部散热封装的芯片比采用标准 SMD 封装的芯片将拥有更高的电流和功率能力。

### 新型顶部散热 N 沟道 MOSFET 系列

安森美开发了一系列顶部散热器



件，采用改进的 LPAK5×7 封装，尺寸仅为 5mm×7mm。新的顶部散热封装被命名为 TCPAK57，上侧具有 16.5mm<sup>2</sup> 散热焊盘，热量可以直接耗散到散热器中。

在内部，TCPAK57 器件具有用于源极和漏极连接的铜夹。它取代了线焊，允许以极小的电阻传导大电流，并构成有效的热连接通向上侧焊盘。新器件提供高功率应用所需的电气效率，R<sub>DS(ON)</sub> 值低至 1mΩ。

## 总结

为了达成汽车行业具有挑战性的设计目标，功率设计中的热管理是重要基础。MOSFET 等分立功率器件的常规散热方法需要让热量通过 PCB 传递到散热器。然而，这并不是理想的热路径，使得器件性能受到影响。

为此，一种新的封装形式是将散热焊盘移至顶部，这样散热器可以直接焊接到器件上。这不仅改善了 MOSFET 的散热，还可以在 PCB 的下侧布置元件，从而提高汽车等关键应用的功率密度。

（作者：安森美汽车功率分立器件产品线总监 Carlos Ramirez Ramos）。

中国电子商情

PKG	TCPAK57		
	T6 - 40V	T6 - 60V	T8 - 80V
RDS(on)			
1 mΩ	NVMJST0D9N04C		
1.2 mΩ	NVMJST1D2N04C		
1.3 mΩ	NVMJST1D3N04C	NVMJST1D4N06CL	
1.6 mΩ	NVMJST1D6N04C		
2.8 mΩ			NVMJST2D6N08H
3.3 mΩ	NVMJST3D3N04C		

图注：首批顶部散热产品组合包括 7 款器件

该方案利用安森美在封装方面的深厚专业知识，实现超高功率密度。TCPAK57 首批产品组合共包括 7 款器件，额定电压分别为 40V、60V 和 80V。所有器件都能在 175°C 的结温 (T<sub>j</sub>) 下工作，并通过了 AEC-Q101 认证且支持生产件标准程序 (PPAP)。此外，其鸥翼结构便于检查焊点，并有助于实现出色的电路板级可靠性，因而非常适合要求苛刻的汽车应用。目标应用是高 / 中功率电机控制，如电动助力转向和油泵。

顶部散热 TCPAK57 器件提供更高的功率密度，新设计的更高可靠性可延长整个系统的使用寿命。